



**SENTA**  
INOVASI  
TEKNOLOGI  
KELAUTAN  
2015

# PROCEEDING

SEMINAR TEORI DAN TEKNOLOGI APLIKASI KELAUTAN ( SENTA ) 2015

ISSN 1412-2332

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER



# DAFTAR ISI

<b>Sambutan Rektor ITS.....</b>	<b>i</b>
<b>Sambutan Dekan Fakultas Teknologi Kelautan ITS.....</b>	<b>iii</b>
<b>Daftar Isi .....</b>	<b>v</b>

## PAPER HIDRODINAMIKA DAN RANCANGAN KAPAL

### **ANALISA PENGARUH APLIKASI PREHEAT DAN POST WELD HEAT TREATMENT (PWHT) PADA PENGELASAN BAJA KARBON A36 MENGGUNAKAN BACKING MATERIAL DENGAN METODE FCAW TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN METALURGI**

Wing Hendroprasetyo, Akbar Putra, Savero Irvansyah .....2

### **DESIGN AND CONSTRUCTION OF CRAWLER CRANE SEATING FOR FLOATING DOCK**

Ardi Nugroho Yulianto, Dwi Atmono, Mohammad Sholikan Arif .....9

### **FABRICATION EQUIPMENT PROTOTYPE TO PRODUCE LAMINATED BAMBOO FRAME OF 5 GT FISHING BOAT**

Heri Supomo, Sri Rejeki Wahyu Pribadi, Imam Baihaqi .....15

### **KAJIAN STABILITAS OPERASIONAL KAPAL LONGLINE 60 GT (A STUDY ON THE OPERATIONAL STABILITY OF A LONGLINE FISHING VESSEL 60 GT)**

Shanty Manullang, T. D. Novita, Shahrin Febrian.....20

### **PENERAPAN PERATURAN KAPAL TERNAK (LIVESTOCK CARRIER) UNTUK KAPAL INDONESIA**

Munir Muradi, iwan K. Siringoringo, Muhdar Tasrief.....27

### **PRELIMINARY STUDY OF SANDWICH PANEL APPLICATION IN SHIP CONSTRUCTION: COMBINATION OF PLYWOOD AND POLYURETHANE MATERIAL**

Edy Utomo, Achmad Baidowi .....33

### **STRESSES COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN HULL-V AND HULL-U DUE TO SLAMMING PRESSURE USING FINITE ELEMENT METHOD**

Muhammad Luqman Hakim, Totok Yulianto .....39

### **STUDI PENGGUNAAN KAYU BANGKIRAI SEBAGAI KAYU ALTERNATIF PENGANTI KAYU POGHOUT (LIGNUM VITAE) PADA KEAUSAN BANTALAN POROS AKIBAT PERILAKU KERJA BALING-BALING KAPAL**

Hariyanto Soeroso, Bambang Teguh Setiawan.....47

### **STRESS ANALYSIS ON SYMMETRIC AND ASYMMETRIC PROFILES OF SHIP BOTTOM STRUCTURE**

Siswanto, Iwan Karunia Siringorino, Muhdar Tasrief .....54

### **POWER PREDICTION AND RESISTANCE CHARACTERISTICS OF HYBRID SUBMARINE-HYDROFOIL CRAFT UNDER HYDROFOIL, CONVENTIONAL SHIP AND SUBMARINE MODES**

Wisnu Wardhana .....60

**DESIGN OF SYSTEM WATERTIGHTNESS THE ROV (REMOTELY OPERATED VEHICLE) TYPE "X" WITH SILICON RUBBER MATERIAL TO WORK UNDERWATER**

Augustinus Pusaka, Yoseph Arya Dewanto, Fanny Octaviani.....68

**STUDY OF WORLD-LEADING SHIPBUILDING INDUSTRIAL CLUSTER AND THEIR POTENTIAL APPLICATION IN INDONESIA**

Taufik Hidayat, Buana Ma'ruf.....73

**STUDY OF *MANUFACTURING CYCLE EFFECTIVENESS* (MCE) IN IMPROVING PRODUCTION EFFICIENCIESAPPLICATIONON SHIP PRODUCTION PROCESS**

Muhammad Riyadi, Buana Ma'ruf.....81

**DETERMINATION OF MAIN DIMENSION OF CATAMARAN AND MONOHULL BASED FLOATING TERMINAL FOR ARCHIPELAGIC AREA (CASE STUDY: PROVINCE OF MALUKU)**

E. R. De Fretes, E. J.De Lima, G. R. Latuhihin.....89

**EFFECTS OF SHIFTING THE LONGITUDINAL CENTER OF BUOYANCY OF A SHIP TO ITS MOTION AND RESISTANCE**

Muhdar Tasrief, Iwan Karunia Siringoringo, Munir Muradi .....94

**PAPER KESELAMATAN, KEANDALAN DAN PERMESINAN KAPAL**

**A MOTION-BASED ENERGY ANALYSIS TO MEASURE PERFORMANCE OF ECO FRIENDLY CONTAINER HANDLING EQUIPMENT**

Putu Hangga, Takeshi Shinoda .....102

**ANALISA UNJUK KERJA MESIN KAPAL BERBAHAN BAKAR GAS**

Semin.....110

**DESIGN OF AN ENERGY EFFICIENT CONTAINER TO SUPPORT THE INDONESIAN FRUIT EXPORT**

Basofi Cahyo Buwono, Alam Baheramsyah .....117

**DESIGN OF STIRLING ENGINE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE LABORATORY**

Agung Sudrajad, Ipick Setiawan, Ahmad Rafei .....123

**DEVELOPMENT OF FILTRATION METHODOLOGY FOR WATER SUSPENDED SOLID AND ITS SIMULATION**

Takeshi Shinoda, Tetsuro Nozaki, Yuki Sakata, Makoto Abe .....129

**KAJIAN POTENSI BIOGAS DI PULAU BAWEAN UNTUK ENERGI LISTRIK MANDIRI**

Semin.....136

**KAJIAN TEKNIS DIGESTER GENERATOR BIOGAS UNTUK KEMANDIRIAN ENERGI**

Semin, Beny Cahyono, Amiadji, Agoes Santoso, S. Sarwito, T. B. Musriyadi, T. Soeprajitno, A. Z. M. Fathallah, I. M. Ariana, N. S. Octaviani, A. P. Gusti, Sutikno .....150





**PERANCANGAN SISTEM PENGAMBILAN KEPUTUSAN BERBASIS DATA *AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM (AIS)* UNTUK IDENTIFIKASI TERJADINYA *ILLEGAL UNREGULATED UNREPORTED (IUU) FISHING* MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY**

Ikko Fransisko, Aulia Siti Aisjah, A. A. Masroeri .....155

**RISK ASSESSMENT AND PLANNING INSPECTION OF PIPING SYSTEM USING RISK BASED INSPECTION DNV-RP-G101**

Dwi Priyanta, Gigih Prasetyo .....161

**TEKNOLOGI KENDARAAN AMPHIBI SEBAGAI PENDUKUNG PERTAHANAN MODERN UNTUK NEGARA KEPULAUAN**

Agoes Santoso, Amiadji, Beny Cahyono .....168

**THE RELATIONS OF ENLARGEMENT CYLINDER LINER TO LOSS OF MECHANICAL ENERGY ON YANMAR ENGINE TYPE YSM8-Y**

Barnabas Wattimury, I Made Ariana, Sutopo Purwono Fitri .....173

**3 DIMENSION PRINTER USING STEPPER MOTOR AS MOVER FOR NON METAL SHIP PRODUCTION**

Sanjaya Hartono Permadi, Sardono Sarwito, Indra Ranu Kusuma .....201

**ANALISIS FREKUENSI TUBRUKAN KAPAL DAN PENILAIAN RISIKO TERHADAP PIPA BAWAH LAUT AKIBAT PROSES PEMBONGKARAN PLATFORM**

Ayudhia Pangestu Gusti, Ketut Buda Artana, A. A. B. Dinariyana .....208

**ESTIMASI FREKUENSI TUBRUKAN KAPAL SELAMA PROSES PEMBONGKARAN PIPA BAWAH LAUT PADA CROSSING II ALUR PELAYARAN BARAT SURABAYA (APBS)**

Emmy Pratiwi, Ketut Buda Artana, A. A. B. Dinariyana, Dhimas W. Handani .....216

**PENILAIAN RISIKO AKIBAT PROSEDUR PEMASANGAN TIE-IN SPOOL MENGGUNAKAN MOORING VESSEL DAN MENENTUKAN JARAK AMAN JANGKAR TERHADAP PIPA DAN KABEL BAWAH LAUT**

Putri Dyah Setroyini, A. A. B. Dinariyana, I Made Ariana, Ketut Buda Artana .....225

**STUDI PEMILIHAN TIPE TERMINAL LOADING LNG DAN DESAIN SISTEM DISTRIBUSI LNG UNTUK WILAYAH TENGAH INDONESIA**

A. A. B. Dinariyana, Ketut Buda Artana, I Made Ariana, Hozairi, Yeyes Mulyadi, Komang Gede Suastika .....233

**KAJIAN PEMENUHAN PERSYARATAN PENERIMAAN KLAS BKI: STUDI KASUS PEMBELIAN KAPAL SELF UNLOADING VESSEL DARI CHINA**

Danny Faturachman, Muswar Muslim, Achmad Djaeni .....241

**KAJIAN PENGGUNAAN SOLAR PANEL CELL SEBAGAI SUMBER ALTERNATIF PENGGANTI GENERATOR PADA KAPAL PENANGKAP IKAN 30 GT**

Wiwin Sulistyawati, Amir Marasabessy, Purwo Joko Suranto .....246

**PENGEMBANGAN MODEL PERLINDUNGAN DAN PENGURANGAN RESIKO KECELAKAAN BAGI TENAGA KERJA DI BIDANG TRANSPORTASI LAUT**

Taufik Fajar Nugroho, M. Badrus Zaman, Beni Cahyono, Arinta Yulistya Wardani .....252

## **DESIGN AND ANALYSIS OF SEMI-FREE PISTON TWO STROKE DIESEL ENGINE DUAL CYLINDER OPPOSITE SYSTEM**

Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, Andre Dwi Putra Barus .....259

## **EXPERIMENT STUDY OF THE INFLUENCE OF THE USE OF DUAL FUEL ON ENGINE PERFORMANCE AND NO<sub>x</sub> EMISSION IN DIESEL ENGINES**

Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, Ananta Pudi Oktavianto .....266

## **PAPER TEKNIK LEPAS PANTAI DAN MANAJEMEN PANTAI**

### **CRITERIA FOR THE DEVELOPMENT OF UNCOMMERCIAL SEA PORT TO SUPPORT SEACONNECTIVITY POLICY IN INDONESIA**

Arif Fadillah, Shidiq Bayquni, Rizky Irvana .....274

### **DYNAMIC RESPONSE OF JACKET FIXED PLATFORM DUE TO ADDITIONAL OPERATING LOAD**

Murdjito, Rudi Walujo Prastianto, Dyan Harya Pradipta .....279

### **OPTIMASI NILAI JUAL RUMPUT LAUT *Eucheuma cottonii* MELALUI PENINGKATAN KADAR KARAGENAN MENGGUNAKAN METODE PENANAMAN RAKIT APUNG DI PULAU POTERAN, MADURA, INDONESIA**

Aunurohim, Aminatul Badriyah Ikrom, Bagus Karim Sujatmiko .....291

### **IMPACT OF PRY AND SQUEEZE LOADS TO THE TRANSVERSE STRENGTH OF SEMISUBMERSIBLE WITH EIGHT RECTANGULAR COLUMN CONFIGURATION**

Murdjito, Eko Budi Djatmiko, Dini Tri Mart .....298

### **STUDY OF SELECTING MULTI-BUOY MOORING SYSTEM ON DESIGN OF OFFSHORE STRUCTURE**

Arifin, Abd. Ghofur, Erdina .....304

### **RELIABILITY ANALYSIS OF PLANE FRAME STRUCTURES USING MCFEM METHOD BASED ON OPEN SOURCE SOFTWARE SCILAB 5.4.0**

Agro Wisudawan, Rudi W. Prastianto, Yoyok S. Hadiwidodo, Daniel M. Rosyid .....311

### ***Azotobacter chroococcum* SEBAGAI REDUKTOR MERKURI TOKSIK (Hg<sup>2+</sup>) MENJADI MERKURI VOLATIL NON TOKSIK (Hg<sup>0</sup>)**

Enny Zulaika .....317

### **STUDI PENDAHULUAN UNTUK MENDUKUNG PILOT PERCONTOHAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT (PLTAL)**

Siti Musabikha, Dendy Satrio, Erik Sugianto .....322

### **ECOLOGICAL VISION-BASED ON MANGROVE LEARNING MEDIA FOR STUDENTS IN THE COASTAL AREA**

Indah Trisnawati, Kristanti I. Purwani, Dini Ermavitalini, Sri Nurhatika, Tutik Nurhidayati, Triono B. Saputro, Iska Desmawati .....329

### **TRANSPLANTASI TERUMBU KARANG BUATAN PADA MEDIA KERANGKA BAJA**

Dirta Marina Chamelia, Silvianita, Suntoyo, Wahyudi .....335

## **CONCEPT OF SUBSEA TYPE GAS PRODUCTION SYSTEM FOR METHANE HYDRATE UNDER SEABED**

Takeshi Shinoda, Ryosuke Koike, Tetsuro Nozaki .....342

## **SUSTAINABLE COASTAL DREDGING SHIP : MANAGING COASTAL DEPTH FOR INDONESIA MARITIME POTENTIAL MARKET**

Reza Amirul Hakim .....350

## **HYDRO-OCEANOGRAPHIC SURVEYS AND HYDRODYNAMIC MODELING TO PREDICT THE DISTRIBUTION OF WASTE COAL ORE AT THE HARBOR OF PJB PAITON, EAST JAVA**

Ketut Suastika, Sujantoko, Haryo D. Armono, Murdjito .....357

## **PAPER TRANSPORTASI LAUT**

### **SEA TRANSPORTATION MODEL OF MULTIPURPOSE MOTORCYCLE IN THE ARCHIPELAGO: CASE STUDY SUMENEP REGENCY**

Irwan Tri Yunianto, Tri Achmadi, Antonius Dimas Anditya .....368

### **ANALYSIS OF SHIPPING COMPETITIVENESS: CASE STUDY DOMESTIC CONTAINER TRANSPORT**

Tri Achmadi, Irwan Tri Yunianto, Arnanda Fariz Wibowo .....377

### **STUDY OF ENVIRONMENTAL ASPECTS OF CEMENT BAGS CARGO HANDLING**

Firmanto Hadi, Hasan Iqbal Nur, Erwin Indra Kusumaatmaja .....384

### **DETERMINATION MODEL OF MILITARY LOGISTICS TRANSIT LOCATION: CASE STUDY INDONESIA MILITARY FORCES AND LOGISTICS SHIFTING IN THE BORDER AND OUTER ISLANDS OF INDONESIA TERRITORY**

Aref Laksmono, Tri Achmadi .....390

### **LOGISTICS MODEL OF NUTMEG FOR EXPORT PURPOSES**

Firmanto Hadi, Hassan Iqbal Nur, M. Yasir .....402

### **ANALISA INVESTASI PENGEMBANGAN PELABUHAN DALAM MENINGKATKAN LOGISTIK DI PELABUHAN TENAU-KUPANG**

Agus Poernomo .....408

### **CONCEPTUAL DESIGN OF SUPPORT FISHING VESSEL**

Erik Sugianto, Firmanto Hadi, Wahyu Kristanto .....414

### **STUDI EFEKTIFITAS STRUKTUR PENAHAN ANGIN UNTUK MENCEGAH KECELAKAAN AKIBAT *GUST WIND* PADA DERMAGA**

Christino Boyke .....421

### **PLANNING OF DOMESTIC ROUTING IN LINER SHIPPING: A CASE STUDY OF INDONESIA INTERNATIONAL HUB PORT**

Siti Dwi Lazuardi, Firmanto Hadi .....427

# HYDRO-OCEANOGRAPHIC SURVEYS AND HYDRODYNAMIC MODELING TO PREDICT THE DISTRIBUTION OF WASTE COAL ORE AT THE HARBOR OF PJB PAITON, EAST JAVA

Ketut Suastika<sup>\*1</sup>, Sujantoko<sup>1</sup>, Haryo D. Armono<sup>2</sup>, Murdjito<sup>3</sup>

Faculty of Marine Technology, ITS Surabaya, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111,  
Indonesia  
Email: k\_suastika@na.its.ac.id

## Abstract

*Underwater and bathymetric surveys performed in 2011 have shown a deposition of waste coal ore in front of the jetty of the PJB Paiton port in East Java. The coal ore falls through the space between the barge and the jetty into the water during the unloading process (bringing the coal ore from the barge into the conveyor of the electricity generator). This coal deposition can hinder the coal barges while maneuvering in the harbor. Considering the port operational continuity, a number of questions arise:*

- (i) How is the waste coal distributed in the bottom of the harbor?*
- (ii) What is the rate of the coal deposition?*
- (iii) Should dredging be carried out in the immediate time?*

*To answer the above questions, hydro-oceanographic surveys have been carried out, measuring the bathymetry, tides and currents. Furthermore, hydrodynamic modeling was done to predict the magnitude and direction of the current in the harbor region, based on the data obtained from the hydro-oceanographic surveys. Simulation results have shown that the current speed is much lower than 1 m/s, not sufficient to distribute the coal ore relatively far from where it fell. In other words, the waste coal is locally deposited, which is consistent with the results of the underwater observations. These show that coal deposition is observed only in the vicinity region of the jetty, that is, within a distant not larger than approximately 2 m in front of the jetty. Furthermore, the rate of coal deposition is approximately 0.4 m/year or 2 m in 5 years. Considering barges with a maximum draft of 6 m, it is recommended to dredge the coal deposition before 2020.*

**Keywords:** waste coal ore, coal barge, coal jetty, hydro-oceanographic surveys, hydrodynamic modeling.

## 1. Pendahuluan

Pembangkitan Jawa Bali (PJB) Paiton adalah pembangkit listrik tenaga uap, berlokasi di Paiton, Jawa Timur dan menyuplai aliran listrik untuk wilayah Jawa dan Bali. Bahan baku pembangkitan listrik adalah batu bara yang didatangkan dari wilayah di luar Paiton (misalnya Kalimantan) dengan transport menggunakan kapal-kapal tongkang.

Pada tahun 2011 PJB Paiton melakukan survey bawah air (under water) di depan dermaga bongkar batu bara. Survey meliputi perekaman gambar (pengambilan foto) dengan kamera bawah air dan pengukuran kedalaman air di depan dermaga. Hasil rekaman gambar (foto-foto) ditampilkan dalam Gambar 1. Seperti ditampilkan dalam Gambar 1 tampak tumpukan batubara di dasar laut di depan dermaga akibat ceceran batu bara dari grabber pada saat proses bongkar batu bara dari kapal tongkang yang sandar di dermaga. Ukuran butiran dari batu bara yang tercecer relatif sangat besar jika dibandingkan dengan butiran pasir. Pita ukuran yang ditaruh di atas tumpukan batu bara menunjukkan ukuran butiran batu bara dalam orde cm atau dm, satu atau dua orde lebih besar jika dibandingkan dengan ukuran butiran pasir (orde mm).

Selanjutnya, hasil pengukuran kedalaman yang dilakukan pada survey yang sama ditampilkan dalam Tabel 1 dan Gambar 2. Tabel 1 dan Gambar 2 menunjukkan tumpukan batu bara terutama terjadi pada jarak 1.5 m di depan jetty dengan tebal tumpukan sekitar 4 – 6 m (pile 4 - 14). Pada jarak 3.0 m di depan jetty tidak tampak adanya tumpukan batu bara.

Berdasarkan hasil survey yang dilakukan pada tahun 2011 muncul beberapa pertanyaan terkait dengan kelancaran operasional dan keberlangsungan pelabuhan sebagai berikut:

1. Bagaimana penyebaran ceceran batu bara di dasar kolam labuh PJB Paiton?
2. Seberapa besar laju peningkatan ketebalan tumpukan batu bara?
3. Apakah pengerukan harus dilakukan dalam waktu dekat?



Untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut di atas, pada tahun 2015 telah dilakukan survey hidro-oceanografi dan dilanjutkan dengan pemodelan/simulasi numerik dari arus laut dengan menggunakan perangkat lunak MIKE 21 (DHI, 2007a; DHI, 2007b). Dalam makalah ini akan dibahas hasil pemodelan arus berdasarkan data-data hasil survey tahun 2011 dan tahun 2015 dengan menggunakan perangkat lunak MIKE 21. Hasil pemodelan akan digunakan sebagai dasar dalam pemberian rekomendasi kepada PJB Paiton terkait dengan urgensi pengerukan batu bara dari dasar pelabuhan.

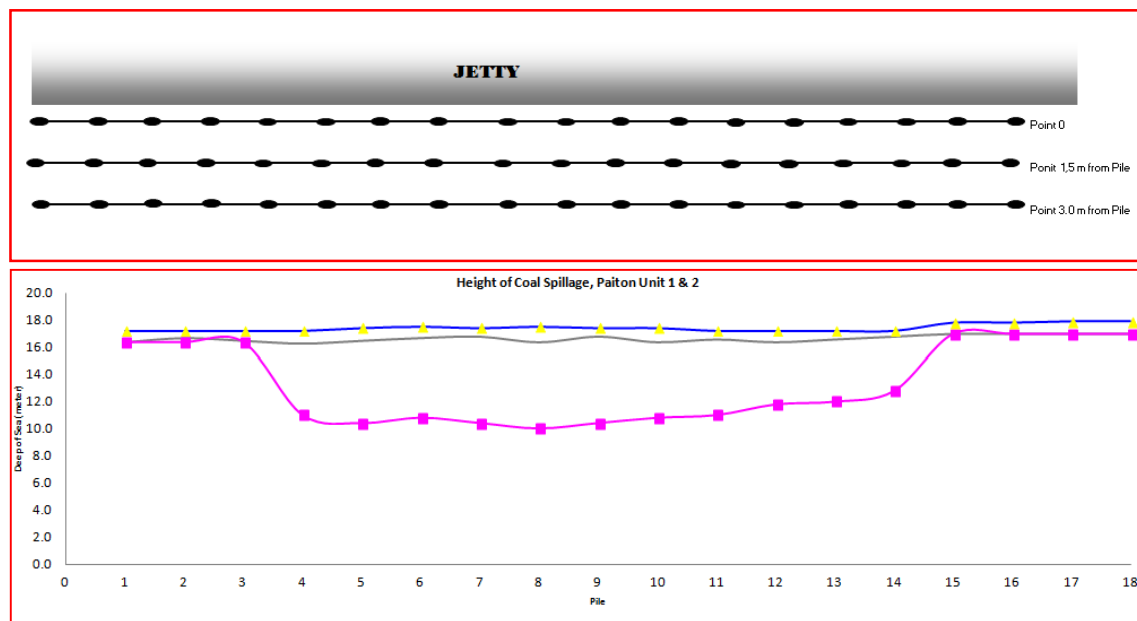


**Gambar 1:**Hasil rekaman survey bawah air di depan dermaga PJB Paiton pada tahun 2011.



**Tabel 1:** Kedalaman air didepan dermaga PJB Paiton (hasil survey pada tahun 2011)

No.	Pile	Deep (m)	Deep (m)	Deep (m)
		Titik 0	1,5 m from Pile	3,0 m from Pile
1	1	16.4	16.4	17.2
2	2	16.7	16.4	17.2
3	3	16.5	16.4	17.2
4	4	16.3	11.0	17.2
5	5	16.5	10.4	17.4
6	6	16.7	10.8	17.5
7	7	16.8	10.4	17.4
8	8	16.4	10.0	17.5
9	9	16.8	10.4	17.4
10	10	16.4	10.8	17.4
11	11	16.6	11.0	17.2
12	12	16.4	11.8	17.2
13	13	16.6	12.0	17.2
14	14	16.8	12.8	17.2
15	15	17.0	17.0	17.8
16	16	17.0	17.0	17.8
17	17	17.0	17.0	17.9
18	18	17.0	17.0	17.9



**Gambar 2:** Kedalaman air di depan dermaga PJB Paiton, menunjukkan tumpukan batubara setebal sekitar 4 - 6 m pada jarak 1.5 m di depan dermaga (pile 4 - 14).

## 2. Survey Hidro-oceanografi dan Pemodelan Arus Laut

Survey hidro-oceanografi dilakukan pada tahun 2015, dimana dilakukan pengukuran batimetri (kedalaman perairan), pasang surut (pasut) dan pengukuran arus. Hasil-hasil survey tidak akan dibahas secara rinci dalam makalah ini, namun digunakan sebagai dasar dalam pemodelan numerik hidrodinamika (arus laut). Hasil pengukuran batimetri digunakan sebagai input dalam pemodelan, hasil pengukuran pasut digunakan sebagai kondisi batas dan hasil pengukuran arus untuk mengkalibrasi parameter pemodelan.

Pemodelan arus laut dilakukan untuk memperoleh gambaran pola arus yang terjadi di sekitar dermaga PJB Paiton. Arus laut yang dimodelkan adalah arus akibat gerakan pasang surut permukaan air laut. Pola arus yang diperoleh dapat dijadikan sebagai acuan untuk menjawab pertanyaan apakah akan terjadi perpindahan batu bara yang menumpuk di depan dermaga atau tidak.



## 2.1. Persamaan-Persamaan Dasar

Persamaan-persamaan dasar hidraulika sudah *established* di dalam literatur (lihat misalnya, Chanson, H. 1999). Persamaan aliran dua dimensi yang dipakai adalah komponen kecepatan rata-rata kedalaman dalam koordinat horizontal  $x$  dan  $y$  yang didefinisikan sbb:

$$U = \frac{1}{h} \int_d^\zeta u dz \quad (1)$$

$$V = \frac{1}{h} \int_d^\zeta v dz \quad (2)$$

dengan  $h$  = kedalaman air,  $d$  = elevasi dasar laut,  $\zeta$  = elevasi permukaan air,  $u$  = kecepatan horizontal di arah  $x$  dan  $v$  = kecepatan horizontal di arah  $y$ .

Persamaan kontinuitas untuk aliran dua dimensi rata-rata kedalaman dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \quad (3)$$

dimana  $\zeta$  = fluktuasi muka air,  $t$  = waktu,  $p$  = debit per meter panjang arah  $x$ ,  $q$  = debit per meter panjang arah  $y$ ,  $d$  = elevasi dasar laut.

Persamaan momentum untuk aliran dua dimensi rata-rata kedalaman dapat dituliskan sebagai berikut:

- Aliran di arah sumbu  $x$ :

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \quad (4)$$

- Aliran di arah sumbu  $y$ :

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2+q^2}}{C^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] + \Omega_p - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \quad (5)$$

dimana  $C$  = koefisien kekasaran Chezy,  $\Omega$  = Parameter Coriolis,  $\tau_{xx}$ ,  $\tau_{xy}$ ,  $\tau_{yy}$  = komponen tegangan geser efektif,  $V$ ,  $V_x$ ,  $V_y$  = komponen kecepatan angin,  $\rho_w$  = massa jenis air,  $p_a$  = tekanan atmosfer,  $g$  = percepatan gravitasi bumi.

Persamaan momentum (4) dan (5) serta persamaan kontinuitas (3) diselesaikan secara numerik dengan menggunakan input kedalaman perairan (batimetri), debit air yang keluar atau masuk domain perhitungan (wilayah perairan yang ditinjau), serta memenuhi kondisi batas perairan (lihat misalnya, Haupt *et al.*, 1999; Wu *et al.*, 2000). Perangkat lunak yang digunakan dalam studi ini adalah MIKE 21 (DHI, 2007a; DHI 2007b).

## 2.2. Skenario Pemodelan

Dalam studi ini ada 2 skenario pemodelan yang dikaji, yaitu:

a) Skenario model 1 (kondisi eksisting: tahun 2015):

- Batimetri: hasil survey under water 2011 dan survey 2015;
- Jarak timbunan dari dermaga: 2.0 m;
- Tebal tumpukan batubara di depan dermaga (pile 5-10): 8.0 m;
- Waktu pengendapan: 15 tahun sejak pelabuhan mulai operasional (tahun 2000).

b) Skenario model 2 (prediksi 5 tahun ke depan):

- Batimetri: survey 2015 dan prediksi 5 tahun ke depan;
- Jarak timbunan dari dermaga: 4.0 m;
- Tebal tumpukan batubara: 10.0 m;
- Waktu pengendapan: 20 tahun sejak pelabuhan mulai operasional (tahun 2000).

## 2.3. Input Pemodelan dan Kondisi Batas

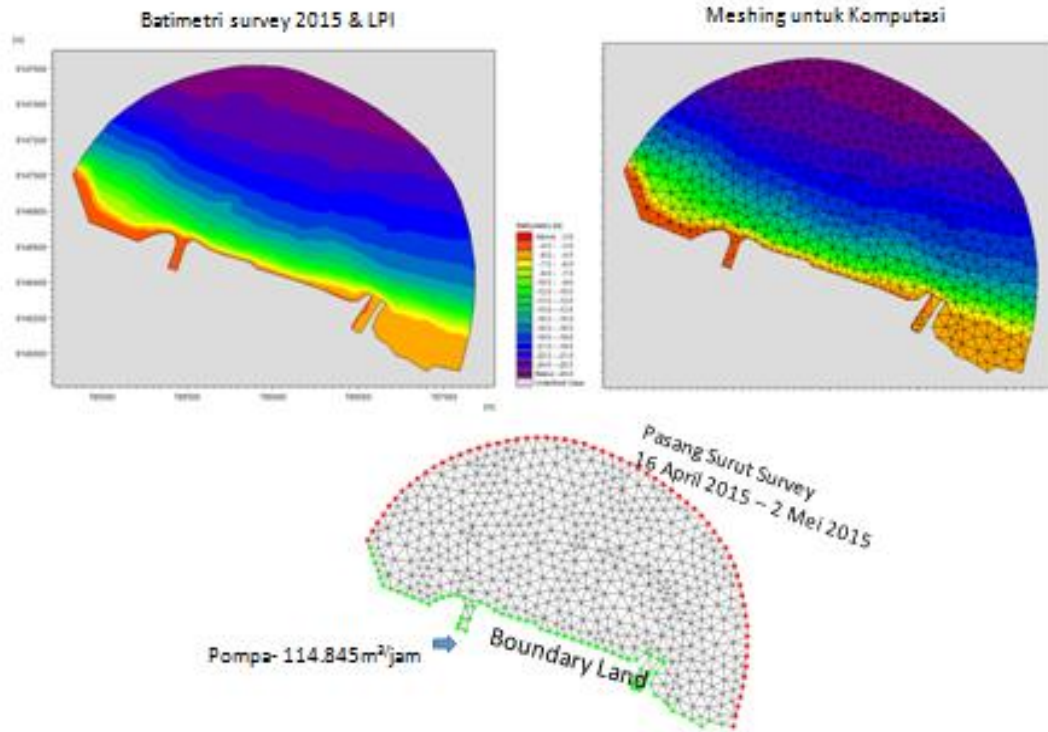
Input pemodelan adalah kedalaman perairan (batimetri) yang diperoleh dari hasil survey pada tahun 2015 dan tumpukan batubara yang diamati pada tahun 2011. Sebagai tambahan, debit pompa *inlet cooling water* sebesar 114.845 m<sup>3</sup>/jam dimasukkan sebagai *sink term* di dalam pemodelan numerik.



Kondisi batas dari pemodelan numerik adalah sebagai berikut:

1. Batas daratan (land);
2. Pasang-surut hasil survey yang dilakukan pada 16 April-2 Mei 2015.

Batimetri, meshing dan kondisi batas pemodelan numerik ditunjukkan dalam Gambar 3.



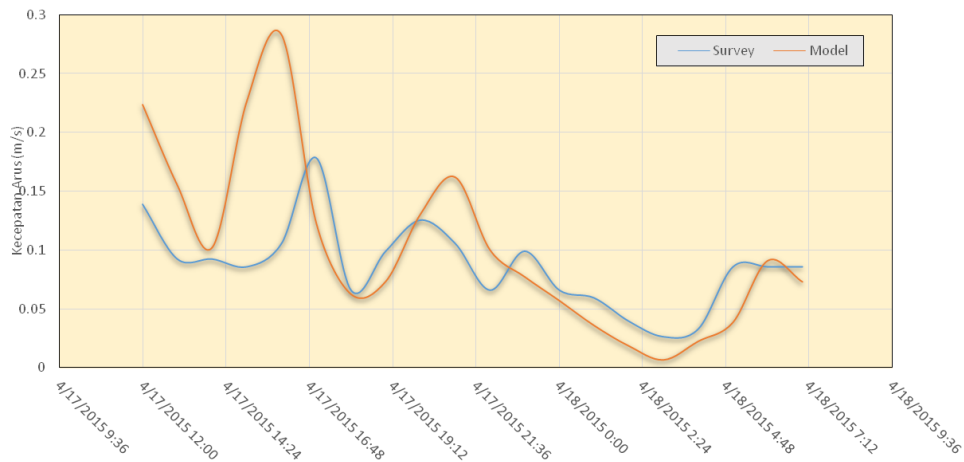
**Gambar 3:**Batimetri, meshing dan kondisi batas komputasi numerik.

#### 2.4. Kalibrasi Model

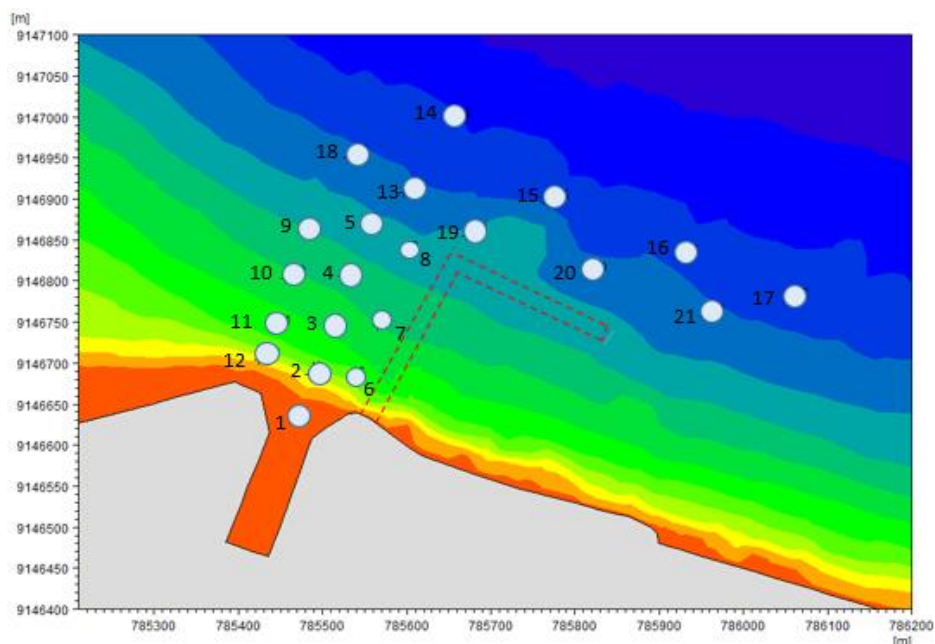
Kalibrasi model diperlukan untuk mencocokkan data hasil pengukuran lapangan dengan pemodelan numerik. Hal ini perlu dilakukan karena dalam pemodelan numerik, apapun yang dimasukkan ke dalam perangkat lunak akan diolah dan diproses. Untuk memperoleh kesesuaian data dengan hasil pemodelan, dibutuhkan proses kalibrasi. Untuk kalibrasi hasil pemodelan numerik, data kecepatan arus yang diperoleh dari hasil survey pada tgl. 17 April 2015, pukul 12.00 sampai dengan 18 April 2015, pukul 07.12 digunakan untuk mengkalibrasi hasil kecepatan arus dari model numerik (lihat Gambar 4). Hasil kalibrasi yang optimal menunjukkan error sebesar 5%. Hasil pemodelan yang ditampilkan dalam subbab berikut merupakan hasil pemodelan yang telah terkalibrasi seperti dijelaskan di atas.

#### 2.5. Hasil Pemodelan

Untuk memperoleh gambaran yang lebih rinci dari hasil pemodelan, telah ditentukan titik-titik pengamatan arus di sekitar dermaga seperti ditunjukkan dalam Gambar 5. Selain melalui pengamatan per titik seperti pada Gambar 5, ditampilkan juga dalam bentuk kontur kecepatan arus rata-rata selama waktu simulasi.



**Gambar 4:** Kalibrasi model arus dengan hasil survey arus 2015 (error 5%)



**Gambar 5:** Titik-titik pengamatan kecepatan arus dalam simulasi numerik

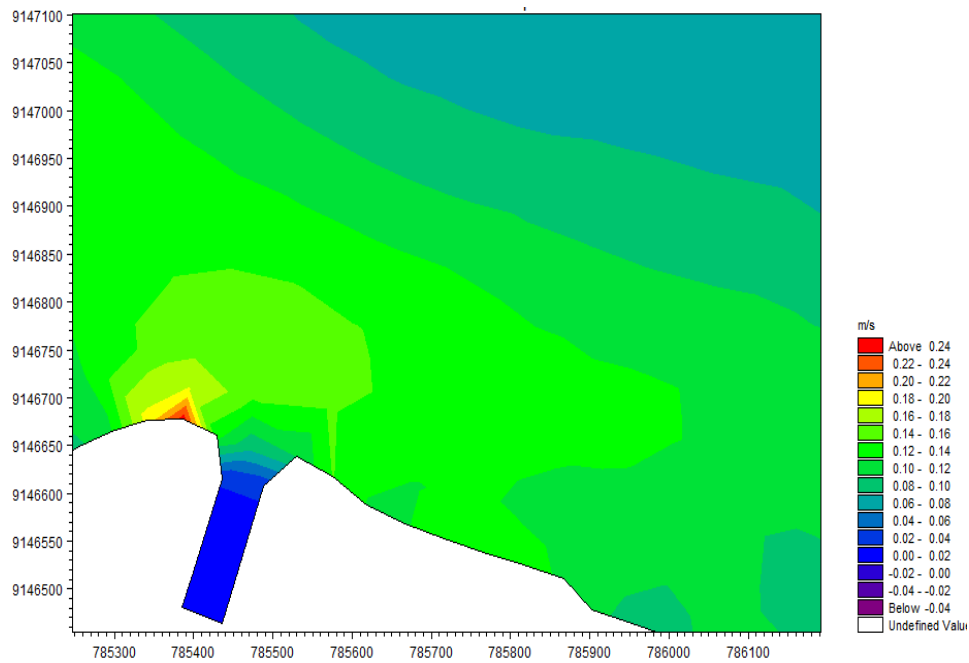
### 2.5.1. Kecepatan Arus Rata-Rata

*Skenario model 1 (kondisi eksisting tahun 2015)*

Kontur kecepatan rata-rata dalam 7 hari running model di wilayah perairan untuk kondisi eksisting ditunjukkan dalam Gambar 6. Kecepatan rata-rata dalam kurun waktu ini berkisar antara 4 – 24 cm/s. Gambar 6 menunjukkan bahwa secara global kecepatan rata-rata menurun jika kita bergerak dari pantai ke arah laut dalam. Hal ini sesuai dengan pengamatan di lapangan.

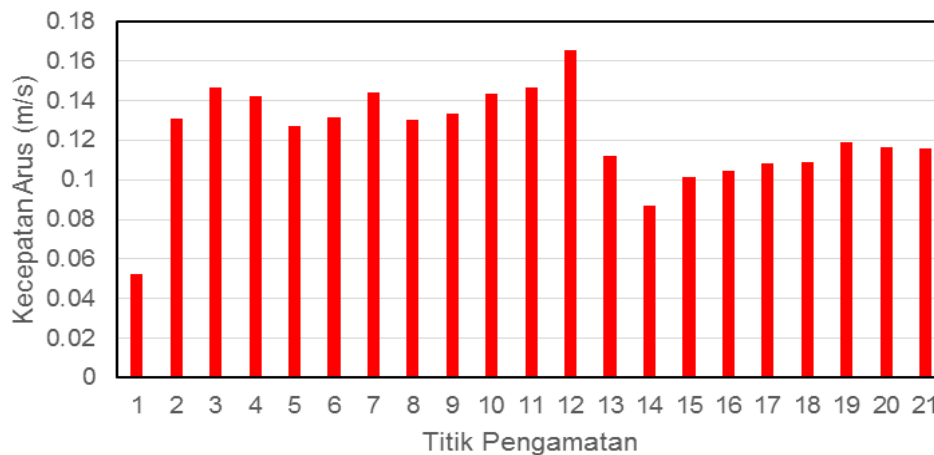
Kecepatan arus rata-rata di titik-titik pengamatan 1 – 21 ditunjukkan dalam bentuk histogram dalam Gambar 7. Kecepatan rata-rata di titik-titik pengamatan berkisar antara 5 – 17 cm/s, terendah di titik 1 dan tertinggi di titik 12. Di sekitar depan dermaga (titik 19, 20 dan 21) kecepatan rata-rata sekitar 12 cm/s. Lebih ke arah laut dalam (titik 15, 16 dan 17) kecepatan rata-rata menurun, berkisar sekitar 11 cm/s, konsisten dengan pengamatan sebelumnya.





**Gambar 6:** Kontur kecepatan rata-rata arus selama running model 7 hari: kondisi eksisting.

### Kecepatan Arus Rata-Rata

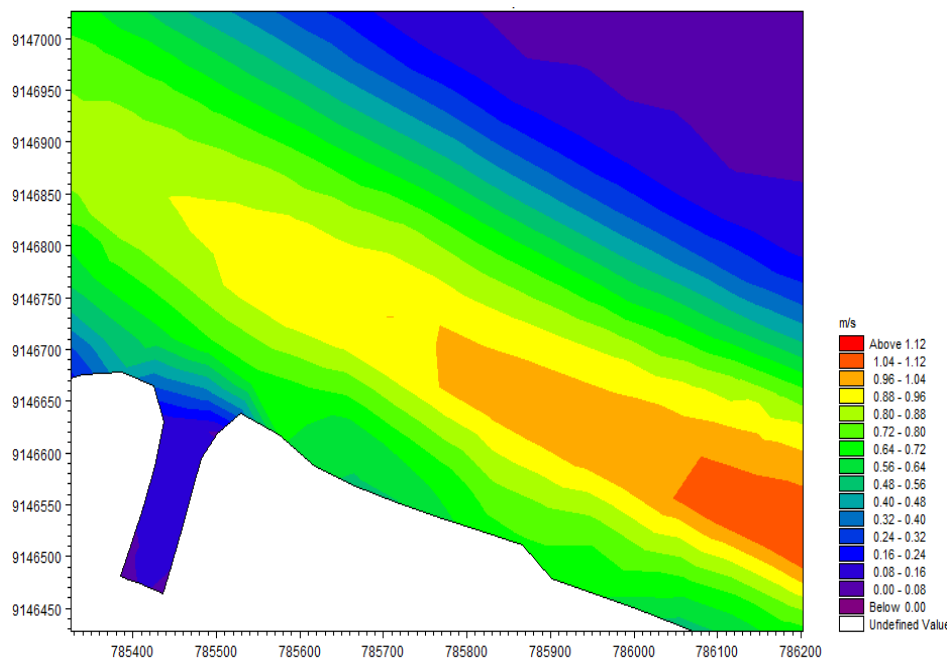


**Gambar 7:** Kecepatan rata-rata arus selama running 7 hari: kondisi eksisting.

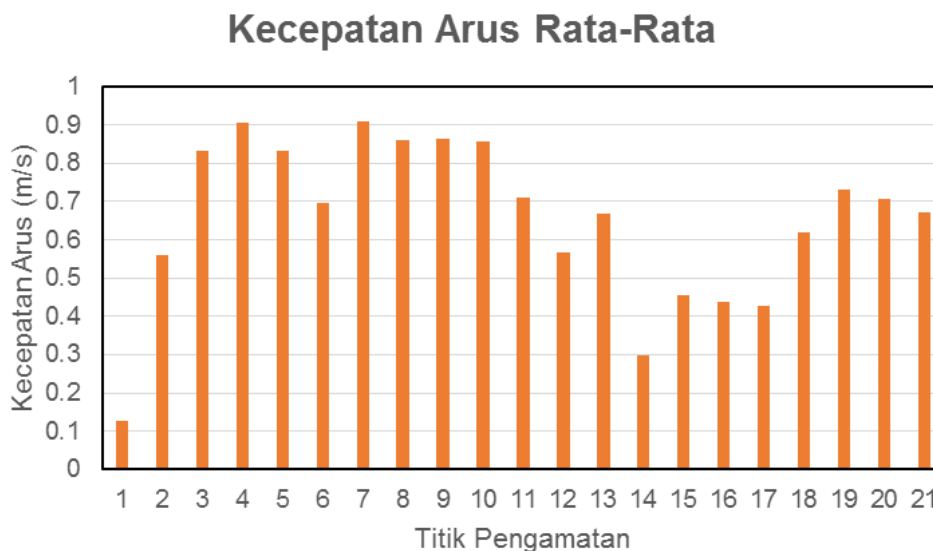
#### *Skenario model 2 (prediksi 5 tahun ke depan)*

Kontur kecepatan rata-rata dalam 7 hari running model di wilayah perairan untuk skenario model 2 ditunjukkan dalam Gambar 8. Kecepatan rata-rata dalam kurun waktu ini berkisar antara 8 – 112 cm/s.

Kecepatan arus rata-rata di titik-titik pengamatan 1 – 21 ditunjukkan dalam bentuk histogram dalam Gambar 9. Kecepatan rata-rata di titik-titik pengamatan berkisar antara 10 – 90 cm/s. Di sekitar depan dermaga (titik 19, 20 dan 21) kecepatan rata-rata sekitar 70 cm/s. Lebih ke arah laut dalam (titik 15, 16 dan 17) kecepatan rata-rata menurun, berkisar sekitar 45 cm/s. Secara umum kecepatan arus rata-rata untuk Skenario Model 2 lebih tinggi jika dibandingkan dengan kecepatan rata-rata kondisi eksisting.



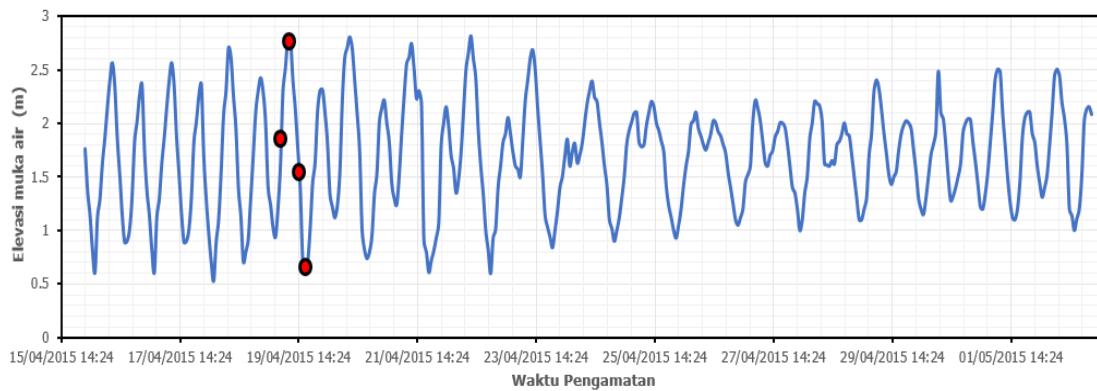
**Gambar 8:** Kontur kecepatan rata-rata arus selama running model 7 hari: skenario model2.



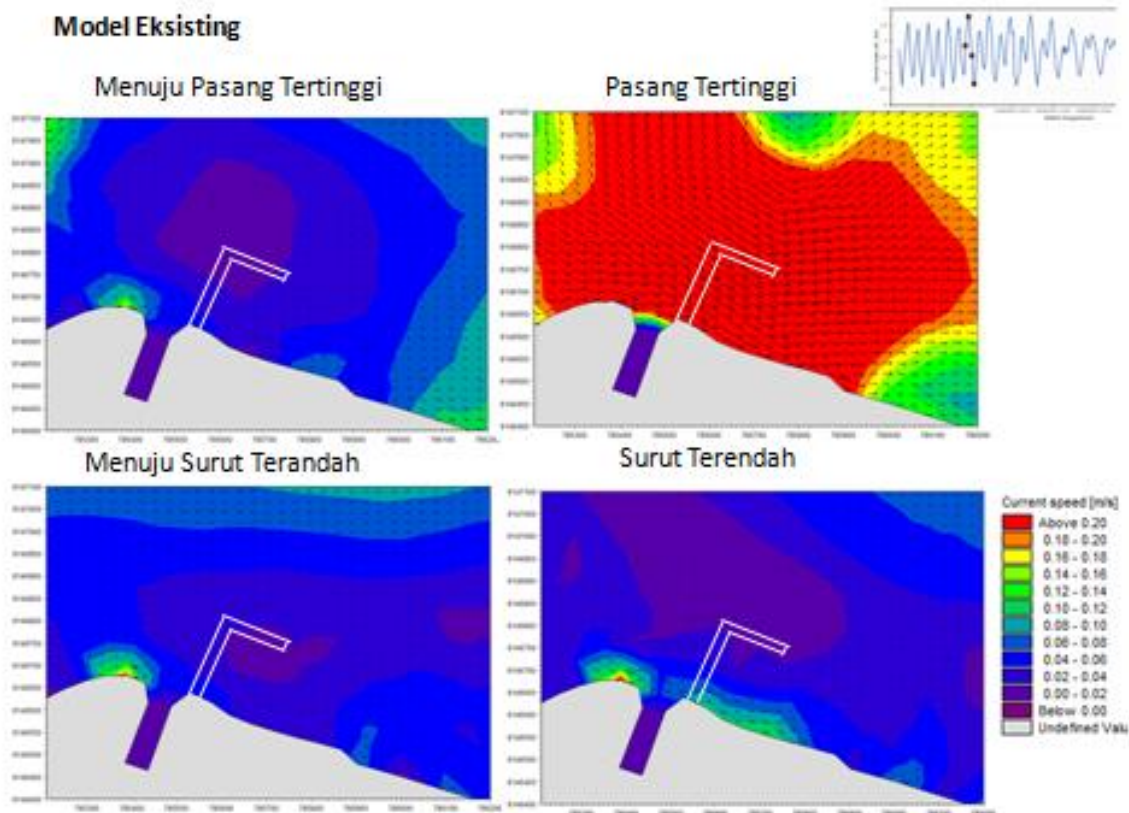
**Gambar 9:** Kecepatan rata-rata arus selama running 7 hari: skenario model2.

#### 2.5.2. Arah Arus dan Pola Aliran

Untuk mengetahui distribusi pola aliran, kecepatan dan arah arus diamati pada berbagai kondisi, yakni pada saat menuju pasang, pasang tertinggi, menuju surut dan surut terendah (Gambar 10). Hasil model numerik untuk kondisi eksisting ditunjukkan dalam Gambar 11. Pola-pola aliran menunjukkan bahwa arah arus dominan di sekitar dermaga adalah dari Barat ke Timur dan sebaliknya.



**Gambar 10:** Waktu pengukuran kecepatan arus saat pasang dan surut.



**Gambar 11:** Kecepatan arus pada berbagai kondisi: skenario model2.

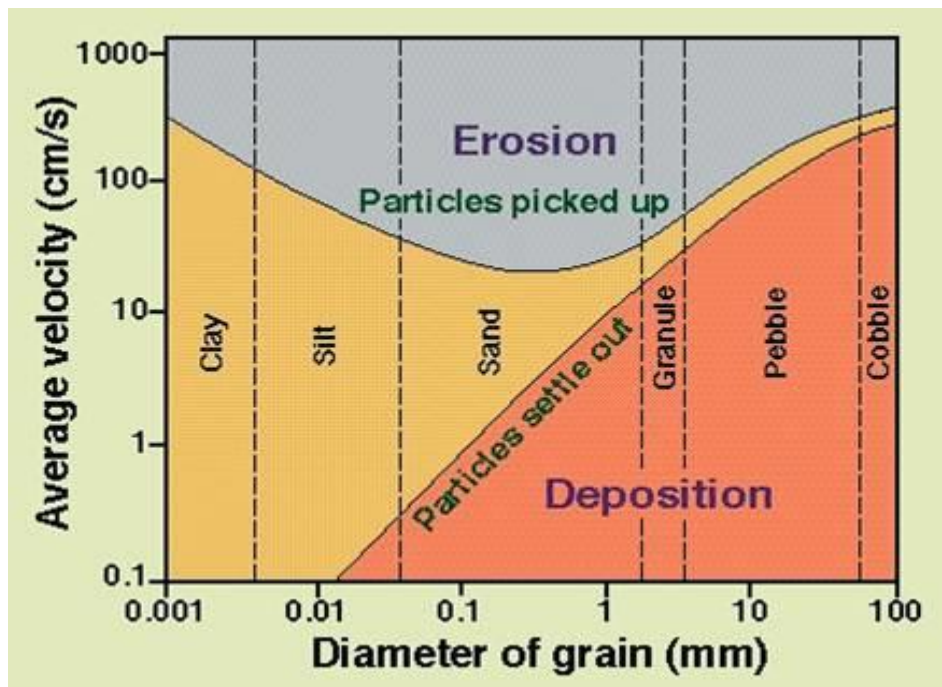
### 3. Kesimpulan dan Saran

Hasil survey under water yang dilakukan oleh PJB pada tahun 2011 menunjukkan adanya tumpukan batubara pada jarak 1.5 m di depan dermaga dengan tebal sekitar 6–8 m. Pada jarak 3.0 m di depan dermaga, tumpukan batu bara tidak teramati (tumpukan batubara tidak terjadi pada daerah tersebut). Tumpukan batubara terjadi karena batu bara yang tercecer di ruang antara tongkang dan dermaga pada saat proses bongkar batubara dari kapal tongkang.



Tumpukan batubara bersifat lokal, karena meskipun pada jarak 1.5 m di depan dermaga teramati adanya tumpukan, pada jarak 3.0 m di depan dermaga sudah tidak teramati lagi. Ini menunjukkan bahwa arus laut tidak mampu untuk memindahkan (menggerakkan) butiran-butiran batu bara.

Hasil pemodelan arus menunjukkan kecepatan rata-rata arus untuk kondisi sekarang (eksisting) sekitar 20 cm/s. Untuk menggerakkan butiran batubara diperlukan kecepatan arus di atas 100 cm/s (lihat Gambar 12). Hasil ini sesuai dengan pengamatan hasil survey bahwa tumpukan batu bara tidak berpindah (menyebar).



**Gambar 12:** Regime arus-sedimentasi (diagram Hjulström).

Hasil pemodelan selanjutnya menunjukkan bahwa jika tumpukan batu bara semakin tinggi, kecepatan arus cenderung bertambah besar (dalam skenario model 2 kecepatan arus dapat mencapai 90 cm/s). Dengan bertambahnya kecepatan arus, kemungkinan batubara akan menyebar semakin besar. Oleh karenanya disarankan untuk melakukan pengerukan sebelum tumpukan batu bara semakin tinggi (lebih dari 10 m).

## Daftar Pustaka

- Chanson, H. *The Hydraulics of Open Channel Flow: An Introduction*. Arnold, 1999.
- Haupt, B. J., Seidov, D. dan Stattegger, K. SEDLOB and PATLOB: Two numerical tools for modeling climatically forced sediment and water volume transport in large ocean basins. In *Computerized Modeling of Sedimentary Systems*. Springer-Verlag, Berlin, 1999.
- DHI, MIKE 21 flow model: Hydrodynamic module, step-by-step training guide, 2007a.
- DHI, MIKE 21 & MIKE 3 flow model: Hydrodynamic and transport module, scientific documentation, 2007b.
- Wu, W., Rodi, W. dan Thomas, W. 3D numerical modeling of flow and sediment transport in open channels. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2000, 4-15





## SEMINAR TEORI DAN APLIKASI TEKNOLOGI KELAUTAN 2015

# Sertifikat

Diberikan kepada

**Ketut Suastika  
Sujantoko  
Haryo Dwito Armono  
Murdjito**

Atas partisipasinya sebagai

# Pemakalah

dengan judul

HYDRO-OCEANOGRAPHIC SURVEYS AND HRYDRODYANAMIC  
MODELING TO PREDICT THE DISTRIBUTOON OF WASTE COAL ORE AT  
THE HAEBOR OF PJB PAITON, EAST JAVA

dalam

**Seminar Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan  
SENTA 2015**

**"Teknologi Kelautan untuk Menjawab Tantangan Tol Laut dan Poros Maritim"**

Diselenggarakan di Aula B.G. Munaf FTK  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
pada tanggal 3 Desember 2015

Dekan Fakultas Teknologi  
Kelautan



**Prof. Daniel M. Rosyid PhD, M.RINA**

NIR. 10610702 108802 1 002

Ketua Pelaksana



**Erik Sugianto S.T, M.T**

NIR. 10000104 201404 1 001